



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 198 11 068 C 1

⑤① Int. Cl.⁶:
H 01 L 27/108
H 01 L 27/08
H 01 L 21/8242

②① Aktenzeichen: 198 11 068.5-33
②② Anmeldetag: 13. 3. 98
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 6. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Bruchhaus, Rainer, Dr., 80997 München, DE; Nagel,
Nicolas, 81539 München, DE; Primig, Robert, 81541
München, DE; Schindler, Günther, Dr., 80802
München, DE

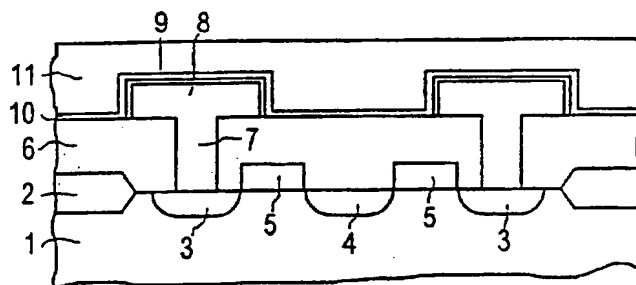
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 1 96 18 530 A1
US 55 04 041

Jpn.J.Appl.Phys., Vol. 34, 1995, S. 5224-5229;
J.Electrochem.Soc., Vol. 143, Nr. 11, 1996,
S. L264-L266;
J.Vac.Sci.Technol., Vol. A 15, No. 5, 1997,
S. 2781-2786;

⑤④ Kondensator in integrierter Schaltung sowie Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kondensators

⑤⑦ Ein Kondensator in einer integrierten Halbleiterschaltung weist eine über eine Anschlußstruktur (7) mit einem dotierten Gebiet (3) elektrisch verbundene erste Elektrode (8), eine zweite Elektrode (11), ein zwischen den beiden Elektroden vorgesehenes Kondensatordielektrikum (10) und eine Barrierschicht (9) auf. Die Barrierschicht (9) besteht im wesentlichen aus Ta-Me-N, wobei Me ein Element oder eine Kombination von mehreren Elementen aus der Gruppe der Übergangsmetalle und/oder der Lanthanide ist.



DE 198 11 068 C 1

DE 198 11 068 C 1

Die Erfindung betrifft einen Kondensator in einer integrierten Halbleiterschaltung sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kondensators.

Mit zunehmender Integrationsdichte nimmt das Platzangebot für Kondensatoren in integrierten Halbleiterschaltungen ab. Um dennoch Kondensatoren mit einer hohen Kapazität zu erzielen, ist es bereits bekannt, als Kondensatordielektrikum sogenannte Hoch- ϵ -Dielektrika oder Ferroelektrika einzusetzen. Solche Dielektrika müssen in der Regel bei relativ hohen Prozeßtemperaturen und unter Verwendung eines sauerstoffhaltigen Prozeßgases hergestellt werden. Bei Verwendung einer oxidierbaren Elektrode (beispielsweise aus Polysilizium oder Wolfram) würde dies zu einer Oxidation der Elektrode führen, wodurch sich in unerwünschter Weise die Kapazität des Kondensators erniedrigen würde. Es werden in der Praxis daher häufig Elektroden aus Pt, Ir, IrO_2 , Ru oder RuO_2 verwendet, die gegenüber Sauerstoff chemisch stabil sind, d. h. keine elektrisch isolierende Oxidschicht ausbilden. In diesem Fall ist jedoch problematisch, daß der Sauerstoff durch die chemisch stabile Elektrode hindurchdiffundiert und am Siliziumsubstrat eine die elektrische Leitfähigkeit beeinträchtigende hochohmige Sperr-Oxidschicht ausbildet.

Es ist bereits bekannt, zur Verhinderung der Sauerstoffoxidation bzw. der Sauerstoffdiffusion sogenannte Barrierschichten einzusetzen.

In Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995), Seiten 5224-5229 ist eine TiN-Barrierschicht beschrieben, die unterhalb einer RuO_2 -Elektrode angeordnet ist. Nachteilig ist jedoch, daß die Stabilität der TiN-Schicht gegenüber Oxidation und damit ihre elektrische Leitfähigkeit mit steigenden Prozeßtemperaturen rasch abnimmt.

In der US 5,504,041 wird ein Kondensator mit einem Hoch- ϵ -Dielektrikum und einer darunterliegend angeordneten Pt-Elektrode beschrieben. Als Sauerstoff-Barrierschicht wird eine unterhalb der Pt-Elektrode vorgesehene sogenannte "exotische" Nitridschicht aus Ti-Al-N vorgeschlagen.

In J. Electrochem. Soc., Vol. 143, Nr. 11 (1996), Seiten L264-L266 ist eine Barrierschicht aus TaSiN beschrieben.

In J. Vac. Sci. Technol. A 15(5) (1997), Seiten 2781-2786 ist eine Barrierschicht beschrieben, die aus einer Ta-Matrix besteht, in die CeO_2 eingebaut ist.

Die deutsche Patentanmeldung DE 196 18 530 A1 beschreibt einen Kondensator in einer integrierten Schaltung, bei dem unterhalb oder oberhalb der substratseitigen Elektrode eine Barrierschicht aus einer Verbindung zwischen einem Übergangselement und Bor oder Kohlenstoff vorgesehen ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Kondensator in einer integrierten Halbleiterschaltung zu schaffen, der bei geringem Platzbedarf eine hohe Kapazität aufweist. Ferner zielt die Erfindung darauf ab, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Kondensators in einer integrierten Halbleiterschaltung anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 13 gelöst.

Die Erfindung beruht im wesentlichen darauf, durch Zumischung eines Elements aus der Gruppe der Übergangsmetalle und/oder Lanthanide (Me) zu einer TaN-Sauerstoff-Barrierschicht deren Barrierewirkung zu verbessern. Anders als bei den bisher zumeist verwendeten TiN-Barrierschichten tritt bei der erfindungsgemäßen Schicht auch bei Temperaturen von über 600°C in der Regel noch keine nennenswerten, die Barriereleitfähigkeit verschlechternde Barriereoxidation ein. Dies ermöglicht es, das Dielektrikummaterial

bei hohen Prozeßtemperaturen abzuscheiden, wodurch sich die Auswahl an einsetzbaren Hoch- ϵ -Materialien und ferroelektrischen Materialien erhöht und bei Materialien, die auch bereits bei niedrigeren Temperaturen abscheidbar sind, in der Regel qualitativ bessere Schichten mit höherer Dielektrizitätskonstante ϵ bzw. höherer remanenter Polarisierung erreichbar sind.

Es wird angenommen, daß das zulegierte Metall als Sauerstoffgetter wirkt und dadurch die Barrierenoxidation des TaN verhindert bzw. zu höheren Temperaturen hin verschiebt.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem zulegierten Metall um ein Element der Titangruppe Ti, Zr, Hf oder Cer.

Eine besonders ausgeprägte Erhöhung der Barrierewirkung wurde bei einem Anteil des Metalls an der Schicht im Bereich von 1 bis 15 Atom% erreicht.

Der Stickstoffanteil in der Schicht kann sehr variabel gewählt werden. Wird mit x das Verhältnis der Anzahl der N-Atome zu der Anzahl der Ta-Atome in der Barrierschicht bezeichnet, gilt für dieses Verhältnis vorzugsweise $0 < x \leq 1$. Insbesondere für $x \approx 0,5$ (d. h. Ta_2N) ergeben sich gute Schichteigenschaften, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, daß Ta_2N eine der stabilen Phasen von Ta-N Verbindungen darstellt. Es ist jedoch auch möglich, bei verhältnismäßig niedrigen N-Konzentrationen von $0 < x \leq 0,5$ und insbesondere $0 < x \leq 0,25$ temperaturstabile Barrierschichten mit einer guten Barrierewirkung aufzubauen.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform kennzeichnet sich dadurch, daß die Barrierschicht zwischen dem Kondensatordielektrikum und der ersten Elektrode liegt. Bei diesem Aufbau kann eine nicht-oxidationsbeständige erste Elektrode, beispielsweise aus Polysilizium oder Wolfram, zur Anwendung kommen.

Bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform ist die Barrierschicht zwischen der ersten Elektrode und der Anschlußstruktur ausgebildet. In diesem Fall kann eine gegenüber Sauerstoff chemisch stabile Elektrode (Pt, Ir, Ru, IrO_2 , RuO_2) eingesetzt werden, wobei die darunterliegende Anschlußstruktur gegenüber einem Sauerstoffangriff geschützt ist.

Ferner ist es nach einer dritten Ausführungsform der Erfindung auch möglich, daß die Barrierschicht als solche die erste Elektrode bildet.

Sämtlichen Ausführungsformen ist gemeinsam, daß die erfindungsgemäße Barrierschicht unterhalb des Kondensatordielektrikums und oberhalb der nächstfolgenden, nicht-oxidationsbeständigen Struktur (Elektrode, Anschlußstruktur, Halbleitersubstrat oder anderen Strukturen) angeordnet ist. Auf diese Weise werden bei der Herstellung des Kondensatordielektrikums Diffusionspfade für Sauerstoff zu oxidationsgefährdeten Bereichen wirksam unterbrochen.

Die Prozeßschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in einer Reihenfolge entsprechend dem gewünschten Schichtaufbau durchgeführt. Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird das Substrat während der Abscheidung der Barrierschicht auf einer Temperatur zwischen 100 und 300°C gehalten, wodurch das Auftreten von Spannungen in den Elektrodenschichten wirksam vermieden werden kann.

Bei der Verwendung von Strontium-Wismut-Tantalat (SBT) als ferroelektrisches Kondensatordielektrikum macht sich die durch die Erfindung geschaffene Möglichkeit, bei hohen Prozeßtemperaturen arbeiten zu können, besonders vorteilhaft bemerkbar, da sich SBT-Schichten mit befriedigender Qualität nur oberhalb etwa 650°C abscheiden lassen.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Nachfolgend wird die Erfindung in beispielhafter Weise

unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert; in dieser zeigt:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung einer Speicherzelle in einer integrierten Halbleiterschaltung mit einem Kondensator gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 eine Darstellung entsprechend **Fig. 1** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Fig. 3 eine Darstellung entsprechend den **Fig. 1** und **2** gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Nach **Fig. 1** weist ein in einem Substrat **1** ausgebildeter MOS-Transistor zwei S/D-Gebiete **3, 4** sowie ein isoliert auf dem Substrat **1** aufgebrachtes Gate **5** auf. Nichtaktive Bereiche der Schaltung sind mit einem Feldoxid **2** bedeckt und eine Isolationsschicht **6** erstreckt sich über den Transistor. Eine Anschlußstruktur **7** steht an ihrem einen Ende mit dem S/D-Gebiet **3** in Verbindung, und eine außerhalb der Zeichenebene liegende und daher nicht dargestellte weitere Anschlußstruktur kontaktiert in entsprechender Weise das S/D-Gebiet **4** des MOS-Transistors. Die Anschlußstruktur **7** kann beispielsweise aus Polysilizium, Wolfram oder auch einem Metallsilizid wie beispielsweise WSi mit hoher elektrischer Leitfähigkeit bestehen, mit dem ein in die Isolationsschicht **6** geätztes Kontaktloch aufgefüllt wird. An ihrem oberen Ende kontaktiert die Anschlußstruktur **7** eine erste, untere Elektrode **8**. Die erste Elektrode **8** und die Anschlußstruktur **7** können aus demselben Material, beispielsweise Polysilizium, Wolfram oder einem Metallsilizid bestehen und gleichzeitig hergestellt werden. Es ist aber auch möglich, eine Pt-Elektrode zu verwenden, die beispielsweise durch Sputtern, MOCVD oder einen anderen Schichtabscheidungsprozeß in Form einer etwa 30 bis 200 nm dicken Pt-Schicht mit nachfolgender Strukturierung hergestellt werden kann.

Oberhalb der ersten Elektrode **8** erstreckt sich eine Barrierschicht **9**, die beispielsweise aus Ta-Ce-N bestehen kann und eine Dicke von etwa 30 bis 100 nm aufweist. Die Barrierschicht **9** wird durch reaktives Sputtern eines Ta-Ce Mischtargets mit geeigneter Zusammensetzung in einem Sputtergas aus Ar/N₂ aufgebaut, wobei ein Verhältnis von 5–20 sccm Ar zu 1 sccm N₂ verwendet wird.

Nachfolgend wird die Barrierschicht **9** teilweise wieder entfernt, um einen Kurzschluß mit dem benachbarten Kondensator zu vermeiden. Dabei bleibt die erste Elektrode **8** an ihrer Oberfläche aber vollständig von der Barrierschicht **9** bedeckt, um eine spätere O₂-Diffusion wirksam zu unterdrücken. Das Entfernen der Barrierschicht kann durch einen Ätzprozeß, beispielsweise einen RIE-Prozeß mit einem Ätzgas aus chlor- und/oder bromhaltigen Gasen mit einem Zusatz von inerten Gasen wie N₂ oder Ar durchgeführt werden. In **Fig. 1** wurde die Barrierschicht **9** außerhalb des Bereichs der Elektrode **8** vollständig entfernt. Es ist jedoch bereits ausreichend, eine beliebig geartete Unterbrechung der Barrierschicht **9** zwischen benachbarten Elektroden **8** zu schaffen, wobei an die hierfür eingesetzte Phototechnik dann geringere Anforderungen in Bezug auf Maßhaltigkeit bzw. Justage gestellt werden können.

Nach der Strukturierung der Barrierschicht **9** wird ein Hoch-ε-Dielektrikum wie beispielsweise Barium-Strontium-Titanat (BST) oder ein Ferroelektrikum wie beispielsweise SBT oder Blei-Zirkonium-Titanat (PZT) abgeschieden. SBT (SrBi₂Ta₂O₉) kann vorzugsweise auch in unterstöchiometrischer Zusammensetzung (z. B. Sr_{0,8}Bi_{2,3}Ta₂O₉) verwendet werden oder es kann anstelle SBT auch SBTN (SrBi₂(Ta_{1-y}Nb_y)₂O₉) vorgesehen sein. Ferner besteht die Möglichkeit, ein Wismut-geschichtetes Ferroelektrikum abzuscheiden, das aus SBT mit BiO₂-Zwischenschichten aufgebaut ist. Das Abscheiden dieses Kondensatordielektri-

kums **10** kann mittels eines PVD- oder CVD-Verfahrens bei hohen Temperaturen über 600°C erfolgen. Bei diesem Prozeß und auch bei späteren unter hohen Temperaturen auszuführenden Prozessen (beispielsweise Temperprozessen) wirkt die Ti-Ce-N-Schicht **9** als in Bezug auf die Beibehaltung einer guten elektrischen Leitfähigkeit hochtemperaturstabile Barriere gegen eine Eindiffusion von Sauerstoff und verhindert eine Oxidation der darunterliegenden Anschlußstruktur **7**.

Nach dem Abscheiden der Barrierschicht **9** wird eine zweite Elektrode **11** beispielsweise aus Pt hergestellt.

Nach dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Barrierschicht **9** nicht über, sondern unter der ersten Elektrode **8**, d. h. zwischen der Anschlußstruktur **7** und erster Elektrode **8** angeordnet, der übrige Aufbau und das Herstellungsverfahren sind gleich. In den **Fig. 1** und **2** wurden einander entsprechende Teile mit denselben Bezugszeichen versehen.

Die Barrierschicht **9** muß wiederum die gesamte Grenzfläche zwischen Anschlußstruktur **7** und erster Elektrode **8** bedecken, d. h. zumindest die der ersten Elektrode **8** zugewandte Oberfläche der Anschlußstruktur **7**. Die in **Fig. 2** dargestellte Struktur kann besonders einfach hergestellt werden, indem die Barrierschicht **9** gemeinsam mit der ersten Elektrode **8** oder direkt anschließend strukturiert wird und somit eine zusätzliche Photomaske nicht erforderlich ist. Die Barrierschicht **9** entspricht dann in ihren lateralen Dimensionen der ersten Elektrode **8**.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Barrierschicht **9** in der Anschlußstruktur **7** zu vergraben.

Nach einem in **Fig. 3** gezeigten dritten Ausführungsbeispiel stellt die Barrierschicht **9** selber die erste Elektrode **8** dar. Sie ist über eine geeignete Anschlußstruktur **7** mit dem dotierten Gebiet **3** verbunden. Eine Pt- oder RuO₂-Abscheidung und -Strukturierung zur Ausbildung der ersten Elektrode **8** kann entfallen, im übrigen werden die bereits beschriebenen Herstellungsschritte angewendet.

Patentansprüche

1. Kondensator in einer integrierten Halbleiterschaltung, mit einer ersten Elektrode (**8**), die direkt oder über eine Anschlußstruktur (**7**) an ein dotiertes Gebiet (**3**) in einem Halbleitersubstrat (**1**) angeschlossen ist, mit einer zweiten Elektrode (**11**), mit einem zwischen den beiden Elektroden (**8, 11**) vorgesehenen Kondensatordielektrikum (**10**) und mit einer Barrierschicht (**9**), die zwischen dem Kondensatordielektrikum und dem dotierten Gebiet (**3**) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Barrierschicht (**9**) im wesentlichen aus Ta-Me-N besteht, wobei Me ein Element oder eine Kombination von mehreren Elementen aus der Gruppe der Übergangsmetalle und/oder der Lanthanide ist.
2. Kondensator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei Me um Ti, Zr, Hf, Ce oder eine Kombination dieser Elemente handelt.
3. Kondensator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil von Me in Ta-Me-N im Bereich zwischen 1 und 15 Atom% liegt.
4. Kondensator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für das Verhältnis x der Anzahl von N-Atomen zu der Anzahl von Ta-Atomen in der Barrierschicht (**9**) $0 < x \leq 1$ gilt.
5. Kondensator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß $x \approx 0,5$ gilt.
6. Kondensator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß $0 < x \leq 0,5$ und insbesondere $0 < x \leq 0,25$ gilt.

7. Kondensator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Barrierschicht (9) zwischen dem Dielektrikum und der ersten Elektrode (8) liegt.

8. Kondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Barrierschicht (9) zwischen der ersten Elektrode (8) und der Anschlußstruktur (7) liegt.

9. Kondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Barrierschicht (9) die erste Elektrode (8) bildet.

10. Kondensator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Kondensatordielektrikum (10) um ein Hoch- ϵ -Dielektrikum, insbesondere Barium-Strontium-Titanat und/oder um ein ferroelektrisches Material, insbesondere Strontium-Wismut-Tantalat, Blei-Zirkonium-Titanat oder um ein Ferroelektrikum mit eingelagerten BiO_2 -Zwischenschichten handelt.

11. Kondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (8) aus einem Pt-haltigen, einem Ir-haltigen oder einem Ru-haltigen Material besteht.

12. Kondensator nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (8) aus Polysilizium, Wolfram oder einem Metallsilizid besteht.

13. Verfahren zur Herstellung eines Kondensators in einer integrierten Halbleiterschaltung, in dem zunächst der Schritt:

a) Erzeugen einer ersten Elektrode (8) des Kondensators direkt auf einem dotierten Gebiet (3) eines Halbleitersubstrates (1) oder alternativ die Schritte

a1) Erzeugen einer Anschlußstruktur (7) auf einem dotierten Gebiet (3) eines Halbleitersubstrats (1) und

a2) Erzeugen einer ersten Elektrode (8) des Kondensators direkt auf der Anschlußstruktur (7) ausgeführt werden, das später die folgenden Schritte:

b) Abscheiden eines Kondensatordielektrikums (10) oberhalb der ersten Elektrode (8) und

c) Erzeugen einer zweiten Elektrode (11) des Kondensators auf dem Kondensatordielektrikum (10) umfaßt, und wobei vor Schritt b) der Schritt ausgeführt wird:

d) Abscheiden einer Barrierschicht (9) oberhalb des dotierten Gebiets (3)

dadurch gekennzeichnet, daß die Barrierschicht (9) im wesentlichen aus Ta-Me-N besteht, wobei Me ein Element oder eine Kombination von mehreren Elementen aus der Gruppe der Übergangsmetalle und/oder der Lanthanide ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt d) nach Schritt a) oder alternativ nach Schritt a2) ausgeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt d) vor Schritt a) oder alternativ nach Schritt a1) und vor Schritt a2) ausgeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt d) identisch mit dem Schritt a) oder alternativ identisch mit dem Schritt a2) ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Abscheiden der Barrierschicht (9) (Schritt d) mittels eines reaktiven Sput-

terverfahrens durchgeführt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß als Sputtergas Ar/N_2 im Verhältnis von 5 bis 20 sccm Argon zu 1 sccm N_2 verwendet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasdruck beim Sputtern im Bereich von 0,1 bis 5 Pa liegt.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat (1) während des Abscheidens der Barrierschicht (9) (Schritt d) auf einer Temperatur zwischen 100 und 300°C gehalten wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Barrierschicht (9) unter Verwendung der ersten Elektrode (8) als Maske in einem Ätzprozeß strukturiert wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Kondensatordielektrikum (10) in Schritt b) im Rahmen eines PVD oder CVD Verfahrens bei einer Temperatur über 600°C abgeschieden wird oder daß das Kondensatordielektrikum (10) in Schritt b) im Rahmen eines PVD oder CVD Verfahrens bei einer Temperatur unter 600°C abgeschieden wird und später bei einer Temperatur von über 600°C getempert wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

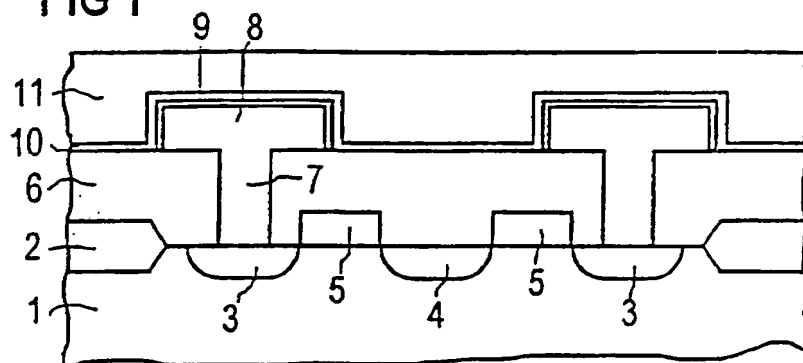


FIG 2

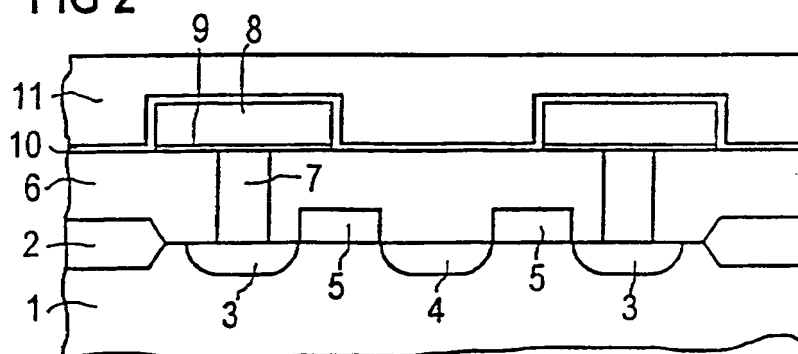


FIG 3

